

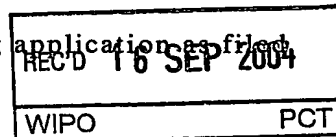
PCT/JP2004/009619

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

23.07.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.



出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年10月 6日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-346905
[ST. 10/C]: [JP2003-346905]

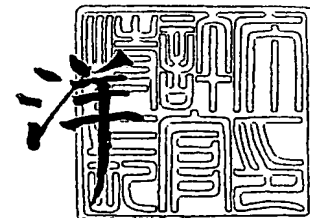
出 願 人
Applicant(s): 日立電線株式会社
日本電信電話株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 9月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 HD150458
【提出日】 平成15年10月 6日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 6/24
G02B 6/38

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会社内
【氏名】 大藺 和正

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会社内
【氏名】 黒沢 芳宣

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会社内
【氏名】 立蔵 正男

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 倉嶋 利雄

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 荒木 栄次

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 平松 克美

【特許出願人】
【識別番号】 000005120
【氏名又は名称】 日立電線株式会社

【特許出願人】
【識別番号】 000004226
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】
【識別番号】 100068021
【弁理士】
【氏名又は名称】 絹谷 信雄

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 014269
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

コアの周囲のクラッド内に複数の空孔を有する光ファイバを、他の光ファイバと接続した光ファイバの接続部において、上記光ファイバを、実使用上の温度範囲における屈折率が上記クラッド以下であり、かつ平均直径あるいは平均長さが 100 nm 以下の微小体を含有する屈折率整合体を介して、上記他の光ファイバと接続したことを特徴とする光ファイバの接続部。

【請求項 2】

上記微小体は、純粋石英を主成分とする微粒子である請求項 1 記載の光ファイバの接続部。

【請求項 3】

上記屈折率整合体は、屈折率整合剤に上記微小体を混合してなり、その屈折率整合剤と上記微小体との混合重量比が、10 : 1 ~ 1 : 1 である請求項 1 または 2 記載の光ファイバの接続部。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 いずれかに記載された光ファイバの接続部を筐体内に収納したことを特徴とする光ファイバ接続器。

【書類名】明細書

【発明の名称】光ファイバの接続部及び光ファイバ接続器

【技術分野】

【0001】

本発明は、コアの周囲のクラッド内に複数の空孔を有する光ファイバの接続部及びそれを収納した光ファイバ接続器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

まず、ホーリー光ファイバ（HF）を説明する。図6に示すように、HF61は、純粋石英にゲルマニウムが添加されたコア62の外周に、純粋石英からなるクラッド63を形成し、そのクラッド63内にコア62を取り囲むように軸方向に延びる複数の空孔64（図6では6個）を形成したものである。詳細は示していないが、HF61は、クラッド63の外周に被覆層が形成された光ファイバ心線として使用される。

【0003】

コア62は、通常のシングルモードファイバ（SMF）のコアと同様のものである。コア径 ϕ は $9\mu\text{m}$ 、クラッド径 ϕ は $125\mu\text{m}$ 、空孔64の内径 ϕ は $8\mu\text{m}$ である。コア62の屈折率は1.463、クラッド63の屈折率は1.458であり、コア62のクラッド63に対する比屈折率差は通常のSMFと同様約0.35%である。

【0004】

HF61の特長は、空孔64の屈折率が約1であり、実効的な比屈折率差が約32%と通常のSMFよりはるかに大きいことから、コア62への光の閉じ込め効果が高い点である。このため、HF61は、例えば、HF61を曲げた時に発生する損失が極めて小さいという特長を有する。

【0005】

HF61をSMFと接続した光ファイバの接続部の一例として、図7に示すような光ファイバの接続部70がある。光ファイバの接続部70は、被覆層を除去して端末処理したHF61の端面61aを、ゲル状の屈折率整合剤r7を介して、被覆層を除去して端末処理したSMF71の端面71aと突き合わせ接続したものである（例えば、特許文献1参照）。SMF71は、HF61のコア62と同じ屈折率で同径のコア72の外周に、HF61のクラッド63と同じ屈折率で同径のクラッド73を形成したものである。

【0006】

屈折率整合剤r7は、例えば、図8の温度特性線81に従う温度特性を有する。この屈折率整合剤r7の屈折率は、フレネル反射損失を極力小さくするために、室温付近で図7で説明したHF61のコア62やSMF71のコア72の屈折率にほぼ等しい1.463付近となっている。

【0007】

なお、屈折率は波長によりその値が異なるが、以下の説明では特に断らない限り、数1で示される測定値、すなわち、NaのD線（波長587.56nm）を用いた25℃における測定値とする。

【0008】

【数1】

$$n_D^{25}$$

【0009】

また、光ファイバの接続部70を収納した光ファイバ接続器の一例として、図9に示すような単心メカニカルスプライス91がある。メカニカルスプライス91では、予め光ファイバの突き合わせ位置（基板92および蓋部材93の内面中央部）に図7および図8で

説明した屈折率整合剤 r 7 を充填しておき、基板 9 2 と蓋部材 9 3 とが挟持部材 9 4 で挟持された状態で、くさび挿入部 9 5 にくさびを挿入して基板 9 2 と蓋部材 9 3 間に隙間を形成し、ガイド穴 9 6 からこの隙間に端末処理した HF 6 1 および SMF 7 1 を挿入して V 溝内で突き合わせた後、くさびを抜き去り、HF 6 1 と SMF 7 1 を基板 9 2 と蓋部材 9 3 とで把持して固定・接続する。

【0010】

これにより、メカニカルスプライス 9 1 の筐体 9 7 内に図 7 で説明した光ファイバの接続部 7 0 が収納され、HF 6 1 と SMF 7 1 が突き合わせ接続される。

【0011】

このように、メカニカルスプライス 9 1 を用いて HF 6 1 と SMF 7 1 を接続する場合も、HF 6 1 のクラッド径が SMF 7 1 のクラッド径と等しいので、通常の SMF 同士の接続と全く同様に行える。

【0012】

なお、この出願の発明に関連する先行技術文献情報としては、次のものがある。

【0013】

【特許文献 1】特開 2002-236234 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

1) しかしながら、光ファイバの接続部 7 0 では、HF 6 1 を屈折率整合剤 r 7 を介して SMF 7 1 と突き合わせ接続しているので、毛細管現象により、HF 6 1 の各空孔 6 4 内に屈折率整合剤 r 7 が端面 6 1 a から数百 μm の深さにわたって侵入する。

【0015】

クラッド 6 3 の屈折率は 1.458 であり、各空孔 6 4 の屈折率は 1 であるが、各空孔 6 4 内に室温下での屈折率が 1.463 の屈折率整合剤 r 7 が侵入すると、中央部の本来のコア 6 2 の周囲に擬似的な 6 個のコアが形成されることになる。

【0016】

さらに、HF 6 1 のコア 6 2 と空孔 6 4、あるいは空孔 6 4 同士の間隔が光の波長オーダーで接近している場合、光のカップリング現象が生じ、本来のコア 6 2、7 2 を伝播してきた光が屈折率整合剤侵入部（空孔 6 4 内に屈折率整合剤 r 7 が侵入した部分）に乗り移る。屈折率整合剤侵入部に乗り移った光は、屈折率整合剤侵入部は伝播するが、屈折率整合剤がなくなった空孔 6 4 やクラッド 7 3 では伝播しないので、大きな接続損失を発生させる。

【0017】

すなわち、接続後の HF 6 1 の実効的なコア径は、言い換えれば光が伝播しうる直径（モードフィールド径：MFD）は、実質的に接続前の $9\mu\text{m}$ より大きくなる。その結果、SMF 7 1 との MFD の差が発生し、HF 6 1 と SMF 7 1 との接続損失が大きくなるという問題がある。

【0018】

例えば、図 9 で説明したメカニカルスプライス 9 1 を用いて HF 6 1 と SMF 7 1 を接続すると、波長が $1.55\mu\text{m}$ での室温付近における接続損失は約 0.85 dB と大きくなってしまふ。ちなみに、コア径が等しい通常の SMF 同士の接続損失は 0.1 dB 前後である。

【0019】

2) ここで、図 10 に、接続後のメカニカルスプライス 9 1 の温度範囲が $-30\sim+70^\circ\text{C}$ における接続損失の温度特性を示す。図 10 に示すように、接続直後の室温での接続損失は 0.8 dB を超えているが、温度上昇に伴って接続損失が 0.1 dB 前後まで回復した。

【0020】

高温域で接続損失が回復するのは、図 8 の温度特性線 8 1 に示したように、屈折率整合

剤 r 7 は高温になるにつれて屈折率が低下し、60℃付近でクラッド 6 3 と屈折率が等しくなって光のカップリング現象が消滅し、通常の SMF 同士と同等の接続損失を示すからである。

【0021】

一方、低温域では、図 8 の温度特性線 8 1 に示したように、逆に屈折率整合剤 r 7 は屈折率が大きくなるので、クラッド 6 3 との屈折率差が拡大し、光のカップリング現象が増大した。そのため、本来のコア 6 2 と屈折率整合剤 r 7 が侵入した 6 個の空孔 6 4 とで形成される実質的なコアの光の閉じ込め効果も増大し、室温時に比べて MFD がさらに大きくなり、対向する SMF 7 1 との MFD 差が拡大した。-30～+70℃における接続損失は 1 dB 前後と非常に高かった。

【0022】

したがって、メカニカルスプライス 9 1 は、接続損失の温度特性変化が大きく、特に低温域で接続損失が増加するという問題がある。

【0023】

また、光ファイバの接続部 7 0 やメカニカルスプライス 9 1 では、HF 6 1 の端面 6 1 a および SMF 7 1 の端面 7 1 a で反射量を小さくすることが要求される。

【0024】

そこで、本発明の目的は、接続損失および反射量が小さく、接続損失および反射量の温度特性変化が小さい光ファイバの接続部及び光ファイバ接続部を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0025】

本発明は上記目的を達成するために創案されたものであり、請求項 1 の発明は、コアの周囲のクラッド内に複数の空孔を有する光ファイバを、他の光ファイバと接続した光ファイバの接続部において、上記光ファイバを、実使用上の温度範囲における屈折率が上記クラッド以下であり、かつ平均直径あるいは平均長さが 100 nm 以下の微小体を含む屈折率整合体を介して、上記他の光ファイバと接続した光ファイバの接続部である。

【0026】

請求項 2 の発明は、上記微小体は、純粋石英を主成分とする微粒子である請求項 1 記載の光ファイバの接続部である。

【0027】

請求項 3 の発明は、上記屈折率整合体は、屈折率整合剤に上記微小体を混合してなり、その屈折率整合剤と上記微小体との混合重量比が、10:1～1:1 である請求項 1 または 2 記載の光ファイバの接続部である。

【0028】

請求項 4 の発明は、請求項 1～3 いずれかに記載された光ファイバの接続部を筐体内に収納した光ファイバ接続器である。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、接続損失および反射量が小さいという優れた効果を発揮する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

まず、本発明者らは、上述した 2) の対策として、屈折率が図 7 および図 8 の屈折率整合剤 r 7 より低く、図 11 に示すような温度特性線 111 に従う低屈折率整合剤を用いてみた。この低屈折率整合剤は、-30℃での屈折率が 1.455、20℃での屈折率が 1.435、70℃での屈折率が 1.417 であり、温度範囲が -30～+70℃における屈折率の平均温度係数は約 $-4.0 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ である。

【0031】

図 9 に示したメカニカルスプライス 9 1 において、屈折率整合剤 r 7 の代わりに低屈折率整合剤を用いた場合、図 12 に示すように、波長 1.55 μm での接続損失は 20℃の環境下で 0.08 dB であった。また、接続後のメカニカルスプライス 9 1 の -30～+

70℃での接続損失も、0.1 dB未満と安定していた。

【0032】

しかしながら、このような低屈折率整合剤を用いた場合に懸念されるのは、高温域で低屈折率整合剤の屈折率がさらに低下した際、HF61とSMF71の接続部における光の反射量の大きさである。

【0033】

図13に、低屈折率整合剤を使用した際のメカニカルスプライス91の反射量の温度特性を示す。コアの比屈折率差がクラッドに対して0.35%相当ある場合、HF61およびSMF71のコア62、72の屈折率は1.463であるが、図13に示すように、例えば70℃の場合、その時発生する反射量は-36 dBであり、実用上必要とされる-40 dB以下を十分満足しているとはいえない。

【0034】

そこで、本発明者らは、鋭意研究の結果、光ファイバの接続部および光ファイバ接続器において、接続損失および反射量の双方を小さくできる本発明を想到するに至ったものである。

【0035】

以下、本発明の好適実施の形態を添付図面にしたがって説明する。

【0036】

図1は、本発明の好適実施の形態を示す光ファイバ接続部の構造図である。

【0037】

図1に示すように、本実施の形態に係る光ファイバの接続部1は、図6および図7で説明したホーリー光ファイバ(HF)61およびシングルモードファイバ71と同じものを用いて、被覆層を除去して端末処理したHF61の端面61aを、実使用上の温度範囲である-30～+70℃における屈折率が、HF61のクラッド63およびSMF71のクラッド73の屈折率以下であり、かつ平均直径あるいは平均長さが100 nm以下の微小体を含む屈折率整合体Rを介して、被覆層を除去して端末処理したSMF71の端面71aと突き合わせ接続したものである。

【0038】

屈折率整合体Rは、突き合わせ接続後のHF61の端面61aとSMF71の端面71a間に、端末処理時の誤差によって空気層が形成されることがあるので、この空気層によって生じる屈折率差によるフレネル反射損失を低減する目的で使用される。

【0039】

屈折率整合体Rは、例えば、高分子ポリマー系やシリコン系の屈折率整合剤、あるいは紫外線硬化型樹脂に、微小体としての平均直径が100 nm以下の微粒子(ナノパウダー)、あるいは平均長さが100 μm以下の薄い扁平状のリボン体、チューブ体、繊維体を混合してなるものである。本実施の形態では、屈折率整合体Rとして、高分子ポリマー系の屈折率整合剤に、純粋石英を主成分とするナノパウダーを混合したものを使用した。

【0040】

また、屈折率整合剤と微小体との混合重量比は、例えば、10:1～1:1となるようにする。

【0041】

-30～+70℃における屈折率整合体Rの屈折率を、HF61のクラッド63およびSMF71のクラッド73の屈折率以下にするのは、屈折率整合体RがHF61の端面61aから空孔64内に侵入しても、端面61a近傍での疑似コアの形成を防止し、本来のコア、すなわちHF61のコア63およびSMF71のコア73からの光のカップリング現象の発生を防止するためである。

【0042】

一般に、屈折率整合剤としては、高分子ポリマー系の屈折率整合剤が用いられるが、その屈折率は温度が上昇すると低下傾向を示す。-30℃は実使用上の最低温度なので、-30℃で屈折率整合剤の屈折率がクラッド63、73の屈折率以下であれば、-30℃以

上の温度域では、実使用上の最高温度である $+70^{\circ}\text{C}$ でも、端面 61a 近傍で疑似コアが形成されることはない。

【0043】

平均直径あるいは平均長さが 100nm 以下の微小体を含む屈折率整合体 R を用いるのは、光の散乱の防止のためである。また、微小体の平均直径あるいは平均長さが 100nm を超えると、HF61 と SMF71 を突き合わせた際に、HF61 と SMF71 間の光軸をズラし、軸ズレによる接続損失を誘発させてしまうからである。

【0044】

微小体として純粋石英を主成分とするナノパウダーを使用するのは、純粋石英が HF61 のクラッド 63 および SMF71 のクラッド 73 とほぼ同じ屈折率であり、純粋石英を主成分とするナノパウダーの屈折率の温度特性が $-30\sim+70^{\circ}\text{C}$ においてほとんど変化せず、ほぼ一定だからである。したがって、母材となる高分子ポリマー系の屈折率整合剤が純粋石英を主成分とするナノパウダーを含むことで、屈折率整合体 R の屈折率の温度特性変化を緩和できる。

【0045】

また、屈折率整合剤と微小体との混合重量比を $10:1\sim1:1$ にするのは、混合重量比が $10:1$ 未満であると、微小体を含むことによる屈折率整合体 R の屈折率の温度特性変化を緩和させる効果が薄く、実用的な意味を持たなくなるからである。また、混合重量比が $1:1$ を超えると、屈折率整合体 R の粘性が高くなり、HF61 と SMF71 の接続部への塗布および実装が困難になるからである。

【0046】

次に、屈折率整合体 R の一例を説明する。

【0047】

-30°C での屈折率が 1.458 の高分子ポリマー系の屈折率剤に、ナノパウダー（ホソカワミクロン社製、粒径 37nm の SiO_2 微粒子）を、高分子ポリマー系の屈折率剤とナノパウダーとの混合重量比が $10:5$ となるように混合して屈折率整合体 R を作製した。

【0048】

図 2 示すように、高分子ポリマー系の屈折率整合剤は、横軸を温度 ($^{\circ}\text{C}$) にとり、縦軸を屈折率にとった点線で示される温度特性線 B に従う温度特性を有する。温度特性線 B は、 -30°C での屈折率が 1.458 、 $+70^{\circ}\text{C}$ での屈折率が約 1.42 であり、温度範囲が $-30\sim+70^{\circ}\text{C}$ における屈折率の平均温度係数は約 $-4.0\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ である。ここで、屈折率の平均温度係数とは、ある温度範囲内における 1°C あたりの屈折率の変化量のことをいう。

【0049】

また、屈折率整合体 R は、実線で示される温度特性線 A に従う温度特性を有する。温度特性線 A は、 -30°C での屈折率が 1.458 、 $+70^{\circ}\text{C}$ での屈折率が約 1.44 であり、温度範囲が $-30\sim+70^{\circ}\text{C}$ における屈折率の温度係数は約 $-2.0\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ である。屈折率整合体 R は、ナノパウダーを含むので、屈折率の温度特性変化が緩和され、ナノパウダーを含むしない高分子ポリマー系の屈折率整合剤に比べ、屈折率の平均温度係数が半分の値になった。

【0050】

本実施の形態の作用を説明する。

【0051】

光ファイバの接続部 1 では、HF61 を屈折率整合体 R を介して SMF71 と突き合わせ接続しているので、毛細管現象により、HF61 の各空孔 64 内に屈折率整合体 R が端面 61a から数百 μm の深さにわたって侵入する。

【0052】

ここで、屈折率整合体 R の屈折率は、例えば図 2 の温度特性線 A に示したように、温度が高くなるにつれて徐々に下がり、実使用上の最低温度である -30°C で 1.458 であ

り、実使用上の最高温度である+70℃では約1.44である。

【0053】

したがって、屈折率整合体Rの屈折率は-30℃以上の温度域ではHF61のクラッド63の屈折率以下なので、各空孔64内に屈折率整合体Rが侵入しても、中央部の本来のコア62の周囲に擬似コアが形成されることはない。

【0054】

このため、光ファイバの接続部1は、実使用上の温度範囲(-30~+70℃)において、本来のコア(HF61のコア63およびSMF71のコア73)からの光のカップリング現象の発生が防止できるので、言い換えれば、接続後のHF61の実効的なコア径(モードフィールド径(MFD))が接続前後で変わらないので、HF61とSMF71との接続損失が小さい。したがって、HF61とSMF71とを低損失で接続できる。

【0055】

また、光ファイバの接続部1は、屈折率整合体Rが屈折率の温度特性変化がほとんどない純粋石英を主成分とするナノパウダーを含有していることから、実使用上の温度範囲において、屈折率整合体Rの屈折率の温度特性変化が緩和され、HF61の端面61aおよびSMF71の端面71aで光の反射が抑制されるので、反射量が小さい。したがって、HF61とSMF71とを低反射で接続できる。

【0056】

上記実施の形態では、HF61とSMF71を接続した例で説明したが、HF61同士を接続してもよい。また、クラッド63よりコア62の屈折率が高いHF61の代わりに、コアとクラッドの屈折率が互いに等しいHFを用いてもよい。これらの場合にも、上述と同様の作用効果が得られる。

【0057】

さらに、HF61の代わりに、図5に示すようなフォトニック結晶光ファイバ(PCF)51を使用しても、上述と同様の作用効果が得られる。PCF51は、コア52の周囲にクラッド53を形成し、そのクラッド53内にコア52を取り囲むようにコア52の軸方向に延びる複数の空孔54をハニカム(蜂巢)状に配列形成し、フォトニックバンドギャップ構造の回折格子を構成したものである。

【0058】

本実施の形態に係る光ファイバの接続部1は、使用するHFやPCFの空孔の個数や、クラッド内に分布する空孔分布直径に限定されない。

【0059】

次に、光ファイバの接続部1を収納した突き合わせ型の光ファイバ接続器の一例を説明する。

【0060】

図3に示すように、本実施の形態に係る単心メカニカルスプライス31は、図1および図2で説明した屈折率整合体Rを用いる点を除き、図9で説明したメカニカルスプライス91と同じ構成である。

【0061】

すなわち、メカニカルスプライス31は、対向する光ファイバ同士を突き合わせて支持し位置決め調芯するためのV溝を有するV溝基板32と、基板32に重ね合わされ、V溝に挿入した光ファイバを押さえるための蓋部材33と、基板93と蓋部材33とを挟持するための挟持部材34とを備えている。

【0062】

基板32と蓋部材33の重ね合わせ部には、その側端部にくさび挿入部35が形成され、その両端にガイド穴36が形成される。筐体37は、基板32と蓋部材33とで構成される。

【0063】

メカニカルスプライス31では、予め光ファイバの突き合わせ位置(基板32および蓋部材33の内面中央部)に図1および図2で説明した屈折率整合体Rを充填しておき、基

板 32 と蓋部材 33 とが挟持部材 34 で挟持された状態で、くさび挿入部 35 にくさびを挿入して基板 32 と蓋部材 33 間に隙間を形成し、ガイド穴 36 からこの隙間に端末処理した HF 61 および SMF 71 を挿入して V 溝内で突き合わせた後、くさびを抜き去り、HF 61 と SMF 71 を基板 32 と蓋部材 33 とで把持して固定・接続する。

【0064】

これにより、メカニカルスプライス 31 の筐体 37 内に図 1 で説明した光ファイバの接続部 1 が収納され、HF 61 と SMF 71 が突き合わせ接続される。

【0065】

このメカニカルスプライス 31 は、接着剤や融着による永久接続方法を用いた光ファイバ接続器とは異なり、繰り返し使用可能である。メカニカルスプライス 31 の波長が $1.55\mu\text{m}$ での室温付近における接続損失は約 0.08dB であった。

【0066】

ここで、図 4 に、接続後のメカニカルスプライス 31 の温度範囲が $-30\sim+70^{\circ}\text{C}$ における反射量の温度特性を示す。図 4 では、横軸を時間にとり、左縦軸を温度 ($^{\circ}\text{C}$) にとり、右縦軸を反射量 (dB) にとって、所定時間ごとに 5°C ずつ変化させた温度を黒四角プロットで、そのときの反射量を黒三角プロットで示した。

【0067】

図 4 に示すように、接続後のメカニカルスプライス 31 の反射量は、全ての温度範囲で -41dB 未満と実用上十分な値 (-40dB 以下) で安定していた。また、図示していないが、波長 $1.55\mu\text{m}$ での接続損失も、すべての温度範囲において 0.1dB 未満と安定していた。

【0068】

このように、メカニカルスプライス 31 は、屈折率整合体 R が予め充填されているので、HF 61 と SMF 71 を低損失かつ低反射で接続できる。接続損失値は通常の SMF 同士の接続損失値と同等である。

【0069】

また、メカニカルスプライス 31 は、屈折率整合体 R が予め充填されているので、接続後の接続損失および反射量の温度特性が安定する。接続損失値の変動幅は通常の SMF 同士の接続損失の変動幅と同等である。つまり、メカニカルスプライス 31 は、接続損失および反射量の温度特性変化が小さく、特に低温域でも接続損失および反射量が低い。

【0070】

上記実施の形態では、HF 61 と SMF 71 をメカニカルスプライス 31 を用いて接続する例で説明したが、HF 61 同士、PCF 51 と SMF 71、PCF 51 同士をメカニカルスプライス 31 を用いて接続してもよい。これらの場合にも、上述と同様の作用効果が得られる。

【0071】

突き合わせ型の光ファイバ接続器としては、V 溝型のメカニカルスプライス 31 を使用した例で説明したが、その他の V 溝接続器、キャピラリー型接続器など、全ての突き合わせ型の光ファイバ接続器を使用できる。

【0072】

さらに、繰り返し使用可能なこれらの光ファイバ接続器以外にも、エポキシ系紫外線硬化型接着剤が屈折率整合体 R を兼ねる永久接続方法を用いた光ファイバ接続器を使用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図 1】 本発明の好適実施の形態を示す光ファイバの接続部の構造図である。

【図 2】 図 1 に示したナノパウダーを含有した屈折率整合体の屈折率の温度特性を示す図である。

【図 3】 本実施の形態に係る光ファイバ接続器の一例を示す斜視図である。

【図 4】 図 3 に示した光ファイバ接続器の反射量の温度特性を示す図である。

【図 5】 フォトニック結晶光ファイバの一例を示す横断面図である。

【図 6】 ホーリー光ファイバの一例を示す横断面図である。

【図 7】 背景技術の光ファイバの接続部を示す構造図である。

【図 8】 図 7 に示した屈折率整合剤の屈折率の温度特性を示す図である。

【図 9】 背景技術の光ファイバ接続器の一例を示す斜視図である。

【図 10】 図 9 に示した光ファイバ接続器の接続損失の温度特性を示す図である。

【図 11】 低屈折率整合剤の屈折率の温度特性を示す図である。

【図 12】 図 11 に示した低屈折率整合剤を用いた場合の光ファイバ接続器の接続損失の温度特性を示す図である。

【図 13】 図 11 に示した低屈折率整合剤を用いた場合の光ファイバ接続器の反射量の温度特性を示す図である。

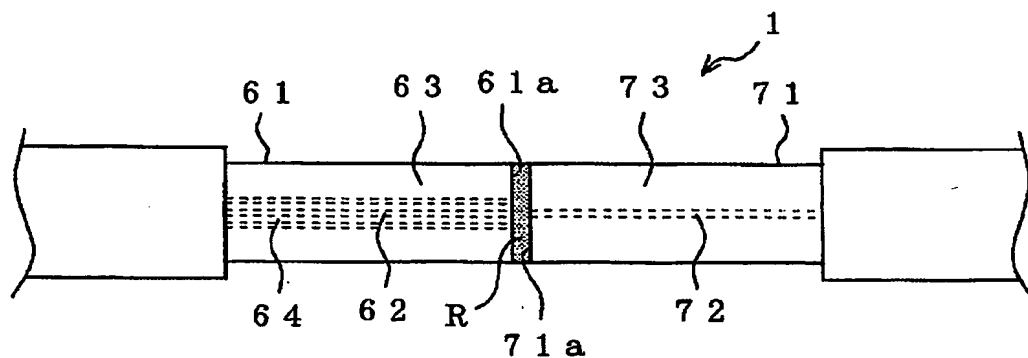
【符号の説明】

【0074】

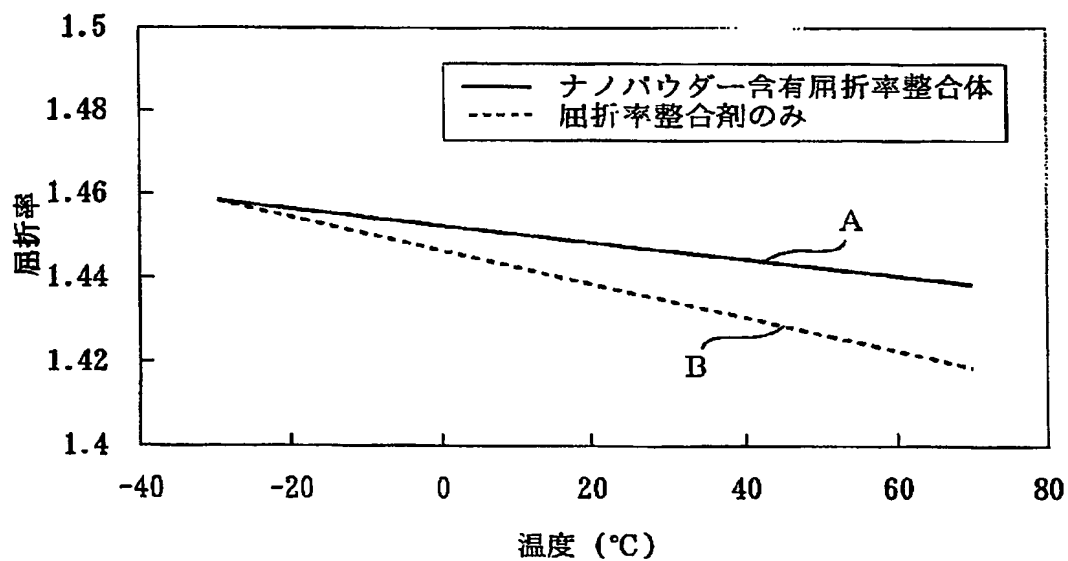
- 1 光ファイバの接続部
- 61 ホーリー光ファイバ (HF)
- 62 HFのコア
- 63 HFのクラッド
- 64 空孔
- 71 シングルモードファイバ (SMF)
- 72 SMFのコア
- 73 SMFのクラッド
- R 屈折率整合剤

【書類名】 図面

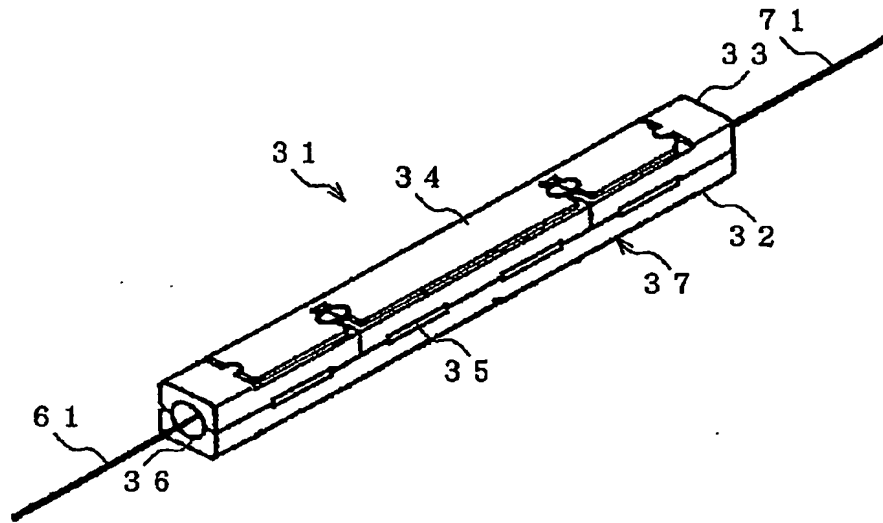
【図 1】



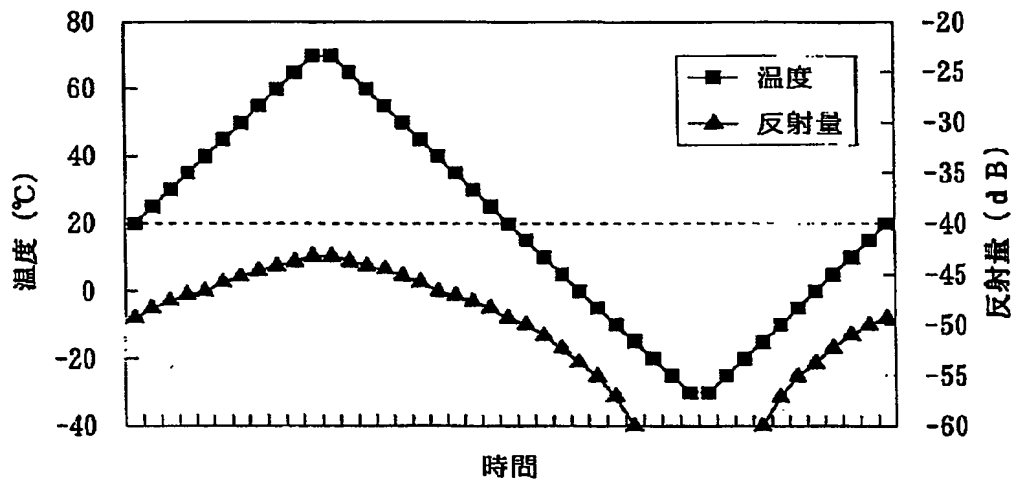
【図 2】



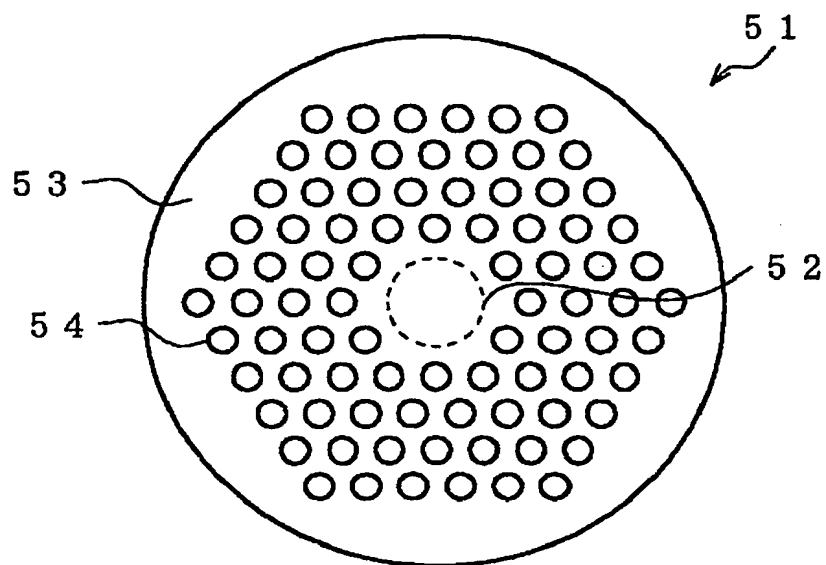
【図 3】



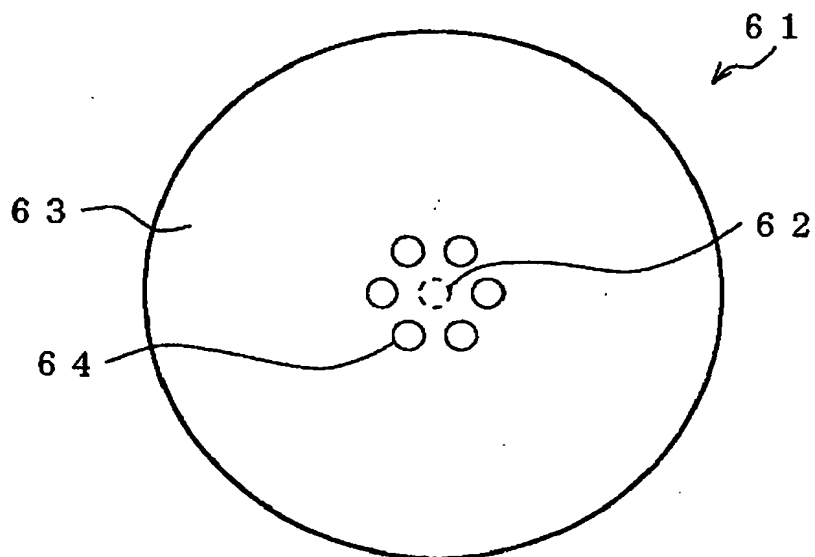
【図 4】



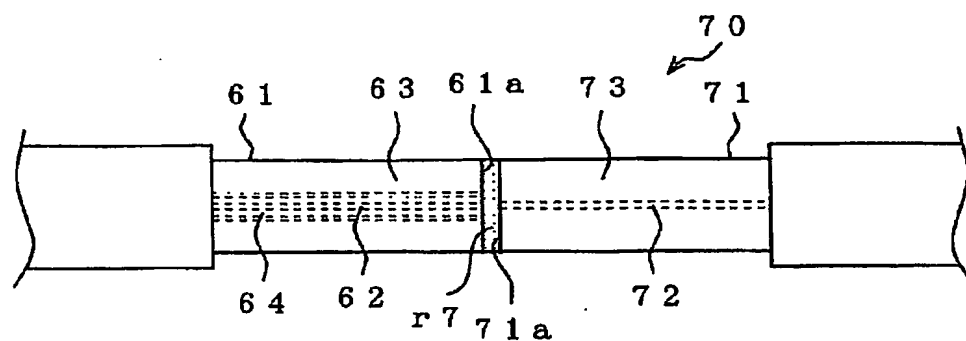
【図 5】



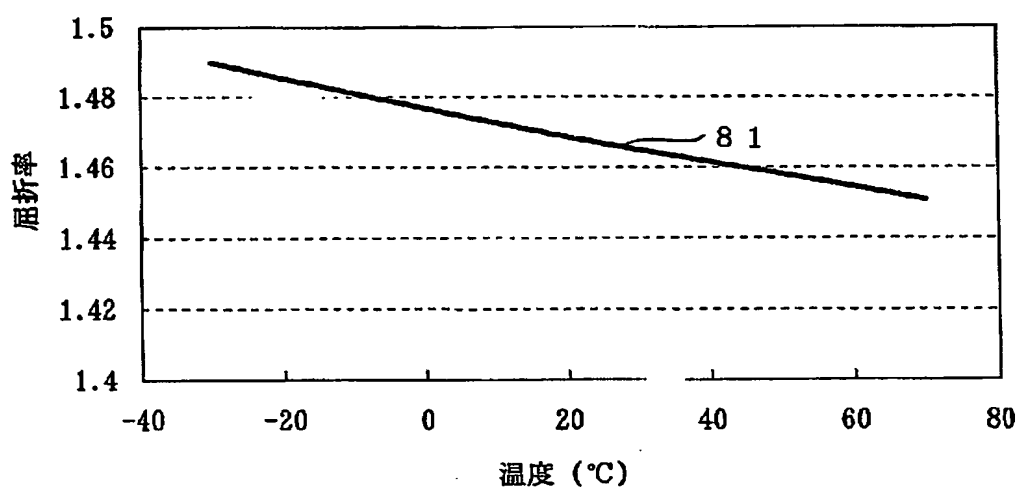
【図 6】



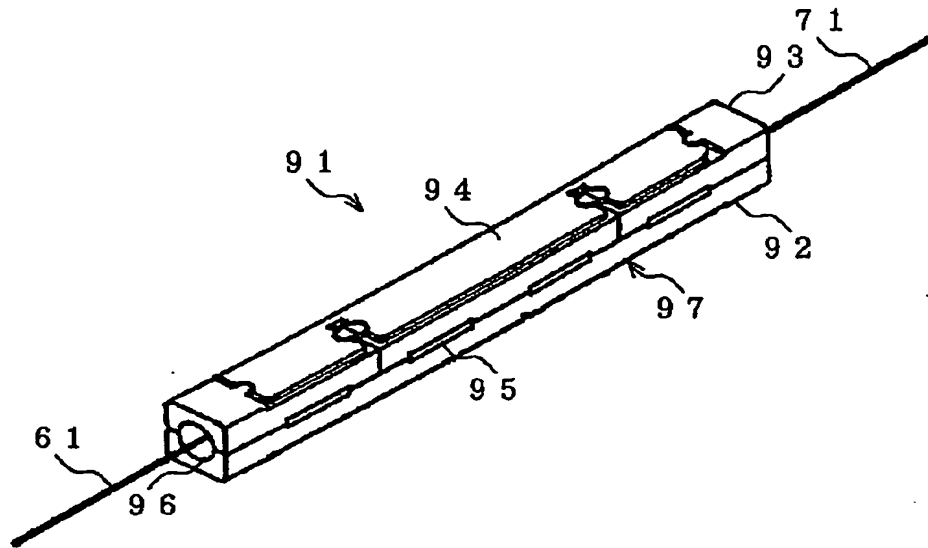
【図 7】



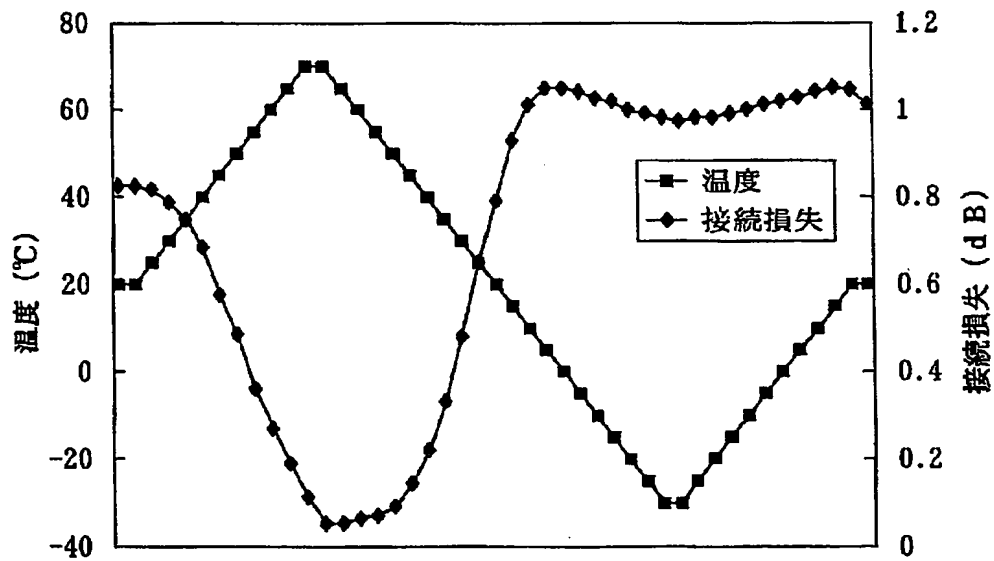
【図 8】



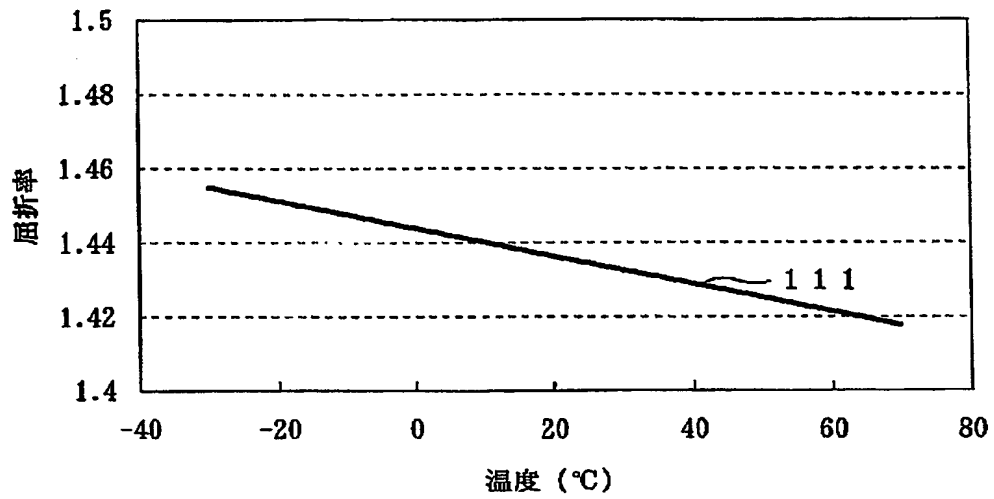
【図 9】



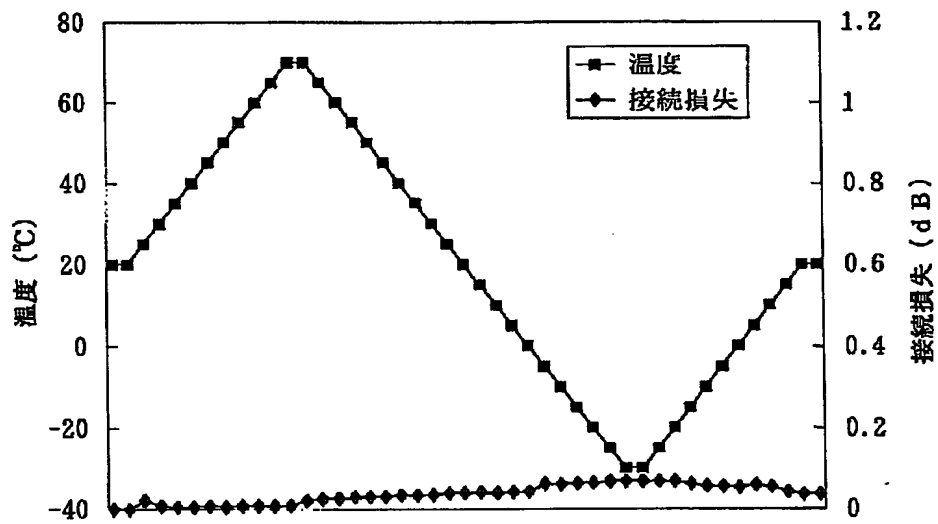
【図 10】



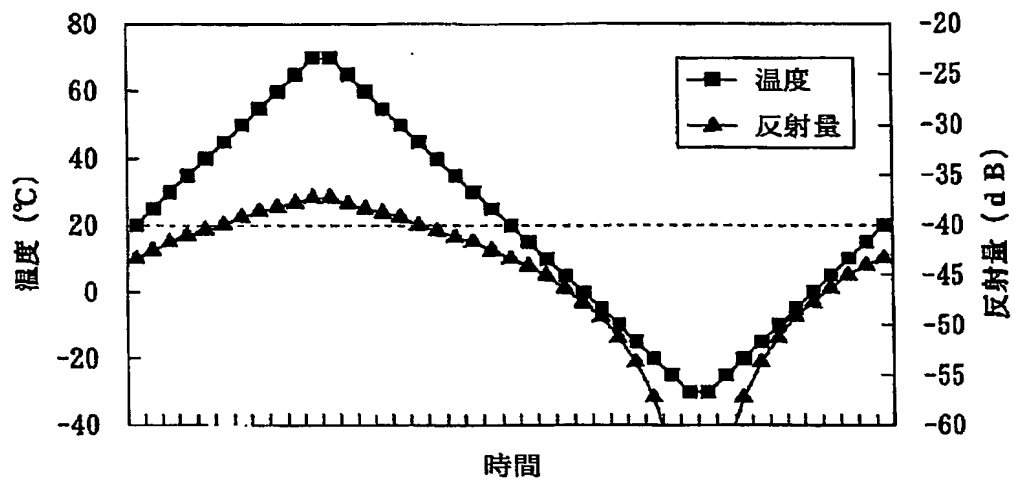
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 13】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 接続損失および反射量が小さく、接続損失および反射量の温度特性変化が小さい光ファイバの接続部及び光ファイバ接続部を提供することにある。

【解決手段】 コア 6 2 の周囲のクラッド 6 3 内に複数の空孔 6 4 を有する光ファイバ 6 1 を、他の光ファイバ 7 1 と接続した光ファイバの接続部 1 において、光ファイバ 6 1 を、実使用上の温度範囲における屈折率がクラッド 6 3 以下であり、かつ平均直径あるいは平均長さが 1 0 0 nm 以下の微小体を含有する屈折率整合体 R を介して、他の光ファイバ 7 1 と接続したものである。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 4 6 9 0 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 1 2 0]

1. 変更年月日 1 9 9 9 年 1 1 月 2 6 日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号
氏 名 日立電線株式会社

特願 2 0 0 3 - 3 4 6 9 0 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

氏 名

日本電信電話株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.